

Тимошенко Дмитрий Анатольевич

**СЕТЕВАЯ РАДИОСИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОДВИЖНЫХ
ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
МЕСТООПРЕДЕЛЕНИЯ**

Специальность 05.12.13 - "Системы, сети и устройства телекоммуникаций"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук



Работа выполнена на кафедре «Средства связи и информационная безопасность» Омского государственного технического университета

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Золотарев И. Д.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Шайдунов Г. Я.
доктор технических наук, старший научный сотрудник
Пальчун Ю. А.

Ведущая организация: Центральное конструкторское бюро автоматики, г. Омск

Защита состоится «**26**» июня 2003 г. в **13:00** на заседании диссертационного совета Д 212.178.04 Омского государственного технического университета в ауд. 6-340 по адресу: 644050, г. Омск, пр. Мира, 11. Отзывы на диссертацию и автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просим направлять в адрес данного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОмГТУ

Автореферат разослан «**12**» мая 2003 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.178.04

Д. Т. Н., доцент



Ю. Н. Кликушин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последнее десятилетие появилась техническая основа для создания радиоэлектронных систем мониторинга подвижных объектов (**СМПО**), обеспечивающих непрерывное отслеживание местонахождения и скорости движения транспортных средств (ТС) любых типов с привязкой к реальному времени независимо от погодных условий в любое время года и суток в масштабах всей планеты. Данные системы строятся на базе современных спутниковых технологий **местоопределения**: GPS (Global Positioning System, США) и ГЛОНАСС (Глобальная Навигационная Спутниковая Система, Россия). В настоящее время СМПО применяются для решения задач диспетчеризации на автомобильном, железнодорожном, водном и других видах транспорта. Это позволяет повысить эффективность эксплуатации каждой подвижной единицы за счет оптимизации режима ее работы, а также пресекать факты нецелевого использования ТС, хищений и других противоправных действий со стороны экипажей.

Отдельно следует упомянуть об использовании СМПО для сопровождения перевозок ценных или опасных грузов, координации действий мобильных групп **МВД, МЧС** и т. п. При ликвидации последствий опасной или чрезвычайной ситуации знание **местоположения** каждой подвижной единицы в реальном масштабе времени позволяет сократить время принятия решений, минимизировать ошибки в управлении и тем самым повысить уровень безопасности людей. В этой связи СМПО становится важным инструментом при ликвидации последствий таких **ситуаций**, а внедрение указанных систем приобретает уровень государственной важности.

Возможности СМПО столь многогранны, что перечислить все реализуемые на данный момент приложения не представляется возможным.

Существующие на сегодняшний день системы мониторинга ТС обеспечивают получение информации с двух-трех подвижных объектов за секунду. В результате при **большом** числе ТС работа в реальном времени становится невозможной. Другим существенным недостатком многих известных систем является малый радиус зоны обслуживания, что объясняется наличием только одного диспетчерского центра (**ДЦ**). По этой причине связь с объектами, находящимися на значительном удалении от **ДЦ**, спонтанно прерывается, что приводит к полной потере контроля за данной подвижной единицей. Указанная ситуация **со-**вершенно недопустима при оперативном управлении силами и средствами, в задачу которых входит обеспечение безопасности людей. Настоящая диссертационная работа направлена на исследование эффективности **СМПО**, а также на оптимизацию архитектуры и алгоритмов работы систем мониторинга ТС, обеспечивающую улучшение их основных **характеристик**, что обуславливает актуальность выбранной темы.

Целью данной работы являются разработка и исследование алгоритмов сбора информации с ТС, сетевого радиообмена между **ДЦ**, а также взаимодействия компонентов **СМПО**, направленные на максимизацию быстродействия при заданной вероятности потери блока данных.

Задачи, решенные в диссертации:

- выполнен анализ **запросно-ответных** технологий сбора данных с ТС, на основе которого предложен новый беззапросный метод временной синхронизации доступа подвижных объектов к общему каналу связи; показано, что новый метод в полтора раза превосходит существующие по быстродействию,
- исследована эффективность функционирования пакетных сетей и сетей Token Ring; разработан новый алгоритм межстанционного радиообмена, позволяющий в N раз снизить минимальное время доставки пакетов всем узлам сети, где N — число узлов сети.

- оптимизирована сетевая архитектура СМПО по критерию максимального быстродействия при заданной вероятности не доставки сообщения хотя бы одному узлу радиосети.

Научная новизна работы состоит в том, что на основе результатов исследования эффективности существующих систем мониторинга ТС намечены пути улучшения их характеристик и проведена оптимизация архитектуры и алгоритмов работы по критерию максимального быстродействия при заданной вероятности потери блока данных, поступающих от ТС.

Практическая ценность полученных результатов вытекает из того, что при их использовании появляется возможность строить СМПО, обслуживающие до 360 подвижных объектов в минуту при заданной вероятности потери блока данных. В то же время известные системы обеспечивают опрос **100 - 150 ТС** в минуту.

Методы исследований. Для решения поставленной научной задачи применяется системный подход; использованы аппарат сетевого планирования, теории вероятностей и математической **статистики**, а также метод графов.

Внедрение. Большая часть исследований выполнена в рамках НИР 4.00П на тему «Обеспечение безопасности и экономия ресурсов на основе применения спутниковой системы позиционирования» по программе «Научные исследования высшей школы в области транспорта» (код 05.05.01.35). Основные результаты легли в основу построения систем мониторинга ТС ОАО «Омск-горгаз», внедренной в 2000 г., и Управления вневедомственной охраны при УВД Омской области, сданной в эксплуатацию в 2001 г., что подтверждается актами внедрения. В 2002 году аналогичные СМПО запущены в эксплуатацию в городах Тюмень и Пермь.

Основные положения, выносимые на **защиту**:

- метод временной синхронизации доступа подвижных объектов к общему каналу связи в режиме временного разделения каналов (ВРК), позволяю-

ций в полтора раза увеличить эффективность использования радиоканала по сравнению с **запросно-ответными** технологиями сбора данных;

- алгоритм межстанционного **радиообмена**, оптимизированный по критерию минимума времени доставки пакетов всем узлам радиосети при заданной вероятности потери блока данных, поступающих от ТС, отличающийся высокой отказоустойчивостью;

- способы взаимодействия основных компонентов **СМПО**, обеспечивающие существенное увеличение скорости сбора данных с ТС, надежности связи и зоны обслуживания системы при заданной вероятности потери информационного сообщения от ТС.

Апробация работы. Основные положения настоящей диссертационной работы докладывались и обсуждались на III Международной научно-практической конференции "Динамика систем, механизмов и машин" (Омск, 1999 г.), V Международной научно-технической конференции "Актуальные проблемы электронного приборостроения **АПЭП 2000**" (Новосибирск, 2000 г.), II Международной научно-практической конференции "Информационные технологии и радиосети **ИНФОРАДИО 2000**" (Омск, 2000 г.), II и III Всероссийских научно-практических конференциях с международным участием "Достижения науки и техники — развитию сибирских регионов (инновационный и инвестиционный потенциалы)" (Красноярск, 2000 г., 2001 г.).

Работа выполнена на кафедре «Средства связи и информационная безопасность» Омского государственного технического университета. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, перечень которых приведен в заключительной части автореферата.

Структура и объем. Текст диссертации изложен на 143 страницах, включает 59 рисунков и 4 таблицы; список литературы содержит 101 наименование. К работе приложены акты внедрения СМПО, запущенных в г. Омске.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, приложения и списка использованных источников.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи работы, дана общая характеристика рассматриваемых вопросов

В первой главе рассматриваются предпосылки создания современных **СМПО** на базе спутниковых технологий **местопределения**, их обобщенная структура и основные **задачи**, решаемые пользователями с помощью указанных систем. Сформулированы основные требования, предъявляемые к современным системам подобного назначения. Приведена обобщенная структурная схема системы мониторинга подвижных объектов (рис. 1.).

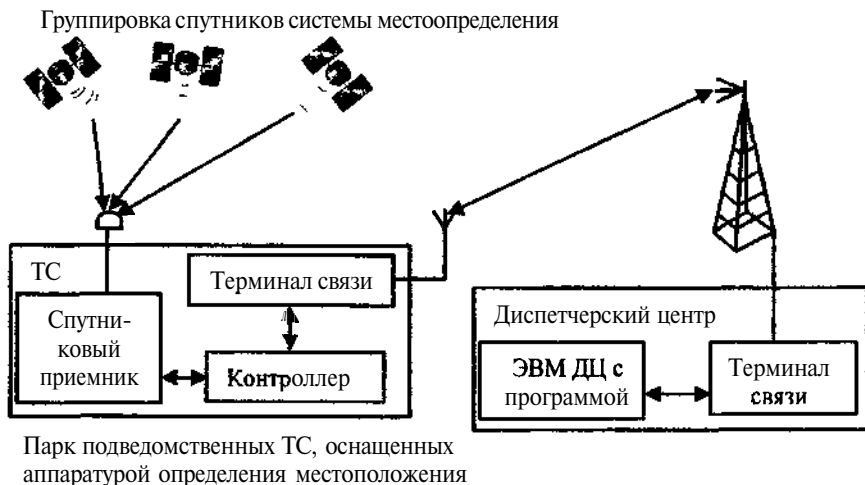


Рис 1 Обобщенная структурная схема СМПО

Данная СМПО обладает высокой универсальностью и легкой адаптируемостью к требованиям любых пользователей

Вторая глава посвящена вопросам анализа показателей качества современных СМПО. Рассмотрены особенности применения различных средств подвижной связи для передачи информации о ТС. Установлено, что наиболее широкие возможности по оптимизации архитектуры и алгоритмов работы СМПО, функционирующей в условиях города, предоставляются при использовании УКВ радиосвязи. В этой связи все последующие рассуждения и выводы касаются систем реального времени на базе указанного вида связи.

В результате анализа различных вариантов построения аппаратуры ТС установлено, что наилучшим из них является такой, при котором в качестве терминала связи используется промышленная радиостанция, управляемая телеметрическим контроллером. С целью достижения высокой помехоустойчивости необходимо применить метод модуляции несущего колебания, обеспечивающий максимальное увеличение отношения **сигнал/шум** в процессе демодуляции. Данным требованием удовлетворяет частотная модуляция.

Для преобразования цифрового **потока**, выдаваемого контроллером, в аналоговый сигнал, поступающий на вход радиостанции, в состав контроллера входит модем. Поскольку последний является связующим звеном между контроллером и радиостанцией, будем называть такой модем вторичным.

Для оценки основных энергетических характеристик СМПО необходимо определить уровень полезного сигнала в антенне **ДЦ**. Для этого можно воспользоваться известной формулой

$$U_{np} = 8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\lambda \sqrt{P_n W_s G_n G_{np} \eta_n \eta_{np}}}{r}, \quad (1)$$

где U_{np} — напряжение принимаемого **сигнала**, λ — длина волны излучения, P_n — мощность излучения, W_s — волновое сопротивление фидера приемной антенны, G_n, G_{np} — коэффициенты усиления передающей и приемной антенн соответственно, η_n, η_{np} — КПД передающего и приемного **антенно-фидерных**

трактов соответственно, r — расстояние между приемной и передающей антеннами. Однако, формула (1) не учитывает влияние городской застройки на распространение радиоволн, поэтому при расчетах можно получить ошибочные результаты. В этой связи было проведено экспериментальное исследование, позволившее установить, что в условиях застройки, характерных для г. Омска, радиус зоны обслуживания приемной антенны ДЦ в километрах примерно равен половине значения ее высоты, выраженной в метрах. Утверждение справедливо при высоте антенны не менее 15 м.

В третьей главе осуществляется оптимизация архитектуры и алгоритмов работы СМПО по критерию максимального быстродействия при заданной вероятности потери блока данных, поступающих с ТС. При этом особое внимание уделено модему, характеристики которого оказывают существенное влияние на надежность связи. В результате проведенного сравнительного анализа установлено, что при построении аппаратуры СМПО целесообразно использовать модем с частотноманипулированными (ЧМн) сигналами.

Задача определения помехоустойчивости ЧМн модема при воздействии флуктуационной помехи, представляющей собой белый гауссовский шум, решена в работах Зюко А. Г. и Кловского Д. Д. Ими показано, что минимальная вероятность ошибок ЧМн модема не превышает следующих значений

$$P_{\text{мин}}^{\text{ЧМн}} = 0.5 \left[1 - \Phi \left(\sqrt{\frac{E}{W_0}} \right) \right], \quad (2)$$

где $2W_0$ — энергетический спектр флуктуационной помехи, E — взаимная энергия сигналов $s_1(t)$ и $s_2(t)$, соответствующих передаваемым двоичным рядам, $\Phi(h)$ — функция Крампа

$$E \approx \int_0^T s_1^2(t) dt = \int_0^T s_2^2(t) dt, \quad \Phi(h) \approx \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^h e^{-\frac{\eta^2}{2}} d\eta.$$

Для более полной оценки характеристик модема автором выполнен аналогичный анализ для случаев воздействия сосредоточенных помех и переотраженных сигналов. Получена **формула**, позволяющая рассчитывать минимальную вероятность ошибки, обусловленную воздействием узкополосного мешающего **процесса**, спектр которого лежит в полосе частот полезного сигнала

$$P_{cn}^{ЧМн} = 0.5 \left[1 - \Phi \left(\sqrt{\frac{E \Delta F_c}{2 \Delta F_n W_0}} \right) \right], \quad (3)$$

где $2\Delta F_n$ — ширина спектра **мешающего процесса**, ΔF_c — ширина спектра полезного сигнала. Формула (3) верна при выполнении следующих допущений

$$\begin{cases} \operatorname{ctg}(2\pi\tau F) = 2\pi\tau\Delta F_n \\ \tau \ll \frac{1}{4\Delta F_n} \end{cases}.$$

где m — интервал корреляции мешающего процесса. Из сравнения формул (2) и (3) сделан вывод о том, что сосредоточенные помехи представляют большую опасность для ЧМн модема по сравнению с **флуктуационными**.

При распространении сигналов от ТС в условиях плотной городской застройки происходят многократные переотражения последних от большого числа искусственных препятствий. При этом сигнал, поступивший на ДЦ, в общем виде может быть записан

$$z'(t) = \sum_{i=1}^V \mu_i z(t - \tau_i), \quad (4)$$

где V — число лучей, μ_i , τ_i — соответственно коэффициенты затухания и времена задержки сигнала при прохождении по V -му лучу. Известно, что при использовании ЧМн сигналов максимальная скорость передачи данных как правило не превышает 2400 бит/с. Это соответствует длительности передаваемого символа, равной $t_0 = 1/2400 = 416,7$ мкс. Разность хода лучей, соответст-

вующая указанной задержке, составит $\Delta l_i = \gamma \cdot c = 124,92$ км, что в условиях города является практически невозможным. Реальные значения данной величины как минимум на порядок меньше. В этой связи будем считать $\tau_i \ll t_g$.

Для определенности положим, что передаваемому биту соответствует частота ω_1 . Перепишем формулу (4) в следующем виде

$$z'(t) = \mu_c \cos(\omega_1 t) + \mu_s \sin(\omega_1 t) = \mu \cos(\omega_1 t + \vartheta), \quad (5)$$

где $\mu = \sqrt{\mu_c^2 + \mu_s^2}$; $\vartheta = \arctg(\mu_s / \mu_c)$ — результирующие коэффициент **прохождения** и набег фазы, $\mu_c = \sum_{i=1}^V \mu_i \cos(\phi_i)$; $\mu_s = -\sum_{i=1}^V \mu_i \sin(\phi_i)$; $\phi_i = 2\pi\tau_i$.

Т. к. взаимное расположение передатчика и приемника, а также трассы лучей предсказать заранее невозможно, то результирующие коэффициент прохождения и набег фазы будем считать случайными величинами. Если предположить, что число лучей V очень велико, то для указанных величин можно применить центральную предельную теорему. Поскольку $\tau_i \ll t_g$, то **только** с малой вероятностью достигает $2t$, т. е. фазы приходящих переотраженных сигналов группируются около фазы прямого луча. В результате получается сигнал, начальная фаза которого имеет тот же порядок, что и фазы запаздывающих лучей. Отличие начальных фаз результирующего сигнала и прямого луча эквивалентно сдвигу последнего во времени без изменения частоты. Следовательно, данный эффект не приводит к снижению помехоустойчивости ЧМн **модема**, и влиянием переотражений можно пренебречь.

Одной из важных задач, решенных в процессе **исследований**, является организация совместного доступа большого числа объектов к общему каналу связи. Проанализированы известные **запросно-ответные** технологии сбора данных. Получены формулы для расчета периодов времени, затрачиваемых на обслуживание R ТС методами одиночного и группового запросов

$$T_{\text{single}} = R \cdot (t_{\text{зап}} + t_3 + t_{\text{обп}} + t_{\text{отв}} + t_3) = R \cdot (2t_3 + t_{\text{зап}} + t_{\text{обп}} + t_{\text{отв}}), \quad (6)$$

$$\begin{aligned} T'_{\text{group}} &= t_{\text{зап}} + k_y \cdot R + t_3 + t_{\text{обп}} + R \cdot (t_{\text{отв}} + t_3) = \\ &= t_{\text{зап}} + t_{\text{обп}} + R \cdot (k + t_{\text{отв}}) + t_3 \cdot (R + 1) \end{aligned}, \quad (7)$$

где $t_{\text{зап}}$ — длительность передачи сигнала запроса, t_3 — длительность защитного интервала, $t_{\text{обп}}$ — время обработки бортовым контроллером поступившего запроса, $t_{\text{отв}}$ — длительность передачи сигнала **ответа**, k_y — коэффициент удлинения преамбулы, равный времени передачи номера запрашиваемого ТС.

С целью повышения скорости сбора данных был разработан новый алгоритм разделения сигналов ТС, обеспечивающий синхронизацию объектов по сигналам спутниковой группировки **NAVSTAR**. Увеличение скорости достигнуто за счет полного исключения сигналов запросов. Время, затрачиваемое на обслуживание группы из L ТС предложенным **методом**, определяется формулой

$$T_{\text{GPS}} = R \cdot (t_{\text{отв}} + t_3). \quad (8)$$

Графики зависимостей, рассчитанных по формулам (6) — (8), приведены на рис. 2.

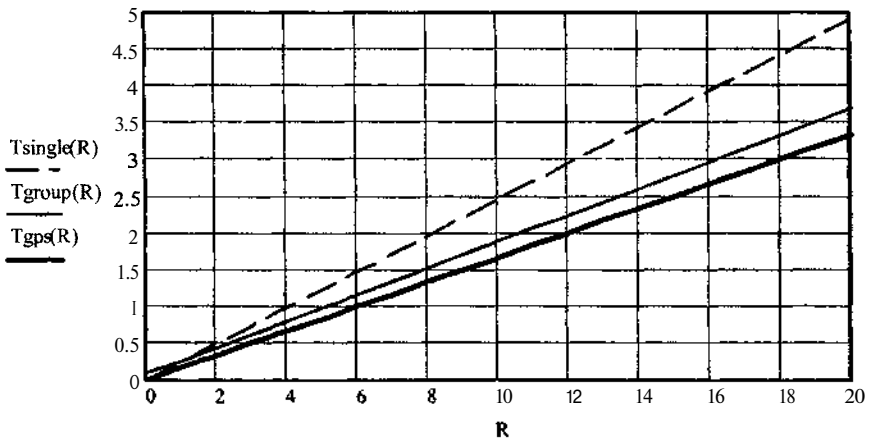


Рис. 2. Графики зависимостей времен сбора данных от числа опрашиваемых ТС

общения от ТС всем узлам сети, а также вероятности потери передаваемого пакета хотя бы одним из **ПРЦ** в данном цикле работы из-за ошибок в радиоканале. Для сети Token Ring выражения имеют **следующий** вид

$$T_{\min}^{TR} = \left(\frac{L}{C} + \beta \right) \cdot N, \quad (9) \quad T_{\max}^{TR} = T_{\min}^{TR} \cdot (N - 1) + T_{\min}^{TR} = N \cdot T_{\min}^{TR}, \quad (10)$$

$$P_{\text{ош}}^{TR} = 1 - \prod_{j=1}^N p^N = 1 - p^{N^2}, \quad (11)$$

где C — скорость передачи по каналу связи (бит/с), L — длина пакета (бит), β — защитный **интервал**, необходимый для компенсации неточностей временной синхронизации, N — число ПРЦ сети, p — вероятность правильного приема пакета при передаче между двумя последовательными узлами сети.

Для пакетной сети выражения имеют следующий вид

$$T_{\min}^{PN} = 2 \left(\frac{L}{C} + \beta \right) \cdot (N - 1), \quad (12) \quad T_{\max}^{PN} = T_{\min}^{PN} \cdot N, \quad (13) \quad P_{\text{ош}}^{PN} = 1 - p^{2(N-1)}, \quad (14)$$

При сопоставлении (11) и (14) становится очевидным, что оба рассматриваемых алгоритма обеспечивают примерно одинаковую вероятность потери пакета. В то же время, сравнивая (9) и (12), а также (10) и (13) видим, что пакетный алгоритм проигрывает Token Ring по скорости доставки сообщений всем узлам сети.

Для дальнейшего повышения быстродействия радиосети исключена передача подтверждений о правильности приема пакета каждым узлом, а также введена сортировка данных, поступающих в радиосеть, исключаяющая повторную ретрансляцию пакетов. В диссертации показано, что такие допущения оправданы и не ухудшают основных характеристики **СМПО**. За счет указанных изменений удалось увеличить быстродействие радиосети в N раз. Кроме того, полученный алгоритм отличается высокой устойчивостью к отказам отдельных узлов за счет реализации процедуры восстановления маркерного

кольца по тайм-ауту. Выражения, позволяющие определять основные показатели качества нового алгоритма, имеют следующий вид

$$T_{\min}^{MTR} = \frac{L}{C} + \beta, \quad (15)$$

$$T_{\max}^{MTR} = N \cdot T_{\min}^{MTR}, \quad (16)$$

$$P_{\text{ош}}^{MTR} = 1 - p^N. \quad (17)$$

На рис. 4 приведена зависимость, рассчитанная по формуле (15).

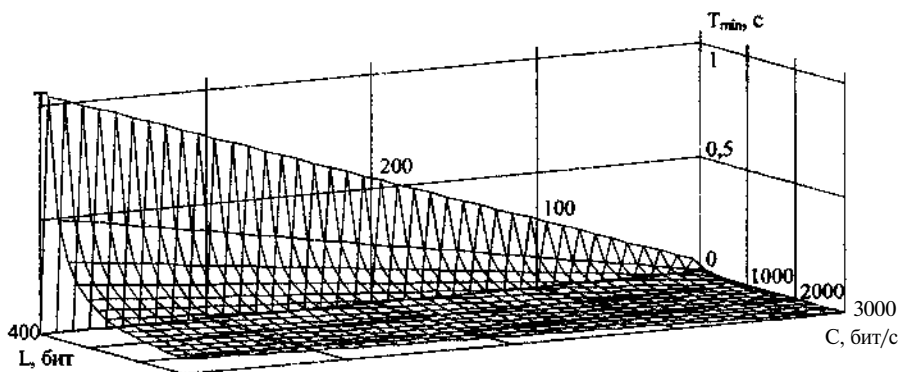


Рис. 4. Зависимость минимального времени доставки пакета от ТС всем узлам сети с новым алгоритмом от длины блока данных и скорости передачи

С целью повышения надежности работы радиосети при выборе ее конфигурации применен принцип перекрытия зон обслуживания. Таким образом, при работе в составе СМПО, содержащей N ПРЦ, каждое ТС в любой момент времени находится в зоне обслуживания K ПРЦ, где $K = 1, 2, \dots, N$. Получена формула для определения минимального выигрыша, равного отношению вероятностей потери информационного сообщения без использования ретрансляции и при введении последней, обеспечиваемого радиосетью при самых неблагоприятных условиях

$$B = \frac{1}{q_2} = \frac{1}{1 - p_2}, \quad (18)$$

где $q_2 = 1 - p_2$ — вероятность потери информационного сообщения одним из ПРЦ в результате радиообмена с остальными ПРЦ. Данная зависимость представлена графически на рис. 5.

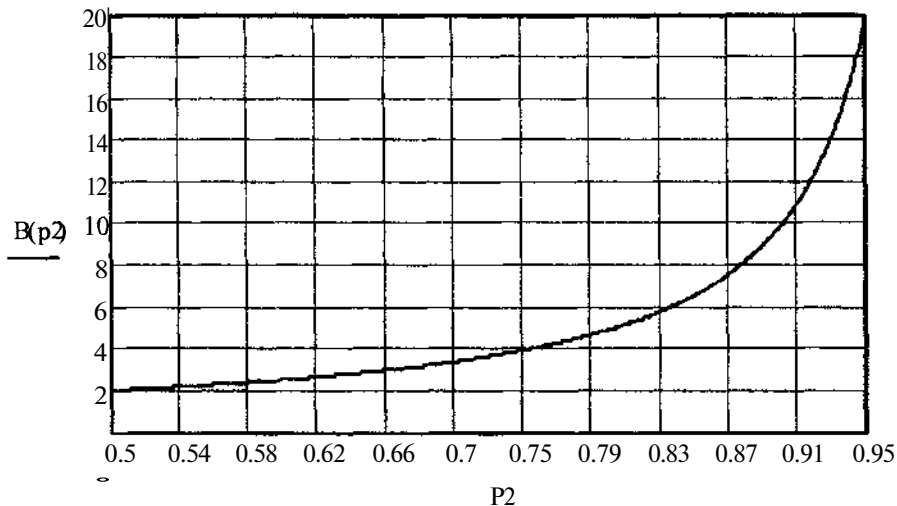


Рис. 5. График зависимости величины минимального выигрыша от вероятности правильного приема информационного сообщения по радиосети

Минимальная вероятность того, что выигрыш (18) будет иметь место, равна

$$P_{\text{в. мин}} \approx p_1 \cdot p_2^{K-1} + q_1 \cdot p_2^{K-1} = p_2^{K-1}, \quad (19)$$

В случае, если информационное сообщение с ТС не принято ни радиостанцией подсистемы сбора **данных**, ни сетевой радиостанцией того **ДЦ**, к которому приписано данное ТС, произойдет полная потеря переданного с ТС информационного сообщения. Вероятность этого события равна

$$Q_{\text{потери}} = q_1 \cdot q_2^{K-1} = (1 - p_1) \cdot (1 - p_2)^{K-1}, \quad (20)$$

Данная зависимость представлена графически на рис. 6.

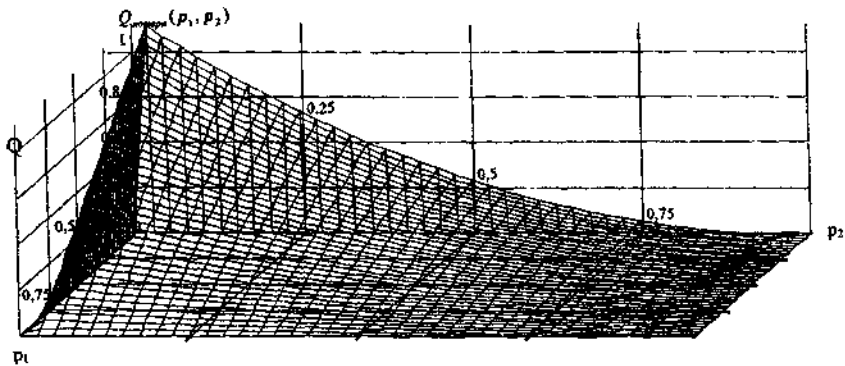


Рис. 6. График зависимости **вероятности потери** информационного сообщения от **вероятностей правильного приема** непосредственно с ТС и по **радиосети**

Из **формулы (20)** очевидно, что $Q_{\text{потери}}$ может быть уменьшена как **за счет** роста p_1 и p_2 , так и **за счет** увеличения числа **ПРЦ**, зоны **обслуживания** которых **перекрываются**. В этой связи **вероятность полной потери пакета** с ТС может быть легко сведена к заданной величине.

Таким образом, **за счет введения радиосети** обеспечивается **снижение вероятности потери** блока данных от ТС по **сравнению с системами без ретрансляции** не менее, чем на **величину**, определяемую формулой (18), с **вероятностью**, вычисляемой по формуле (19).

В **четвертой главе рассмотрены** практические **вопросы построения** систем **мониторинга** подвижных объектов. Выполнено исследование **основных характеристик** спутниковых **радиоприемных** устройств системы GPS. Проведено **экспериментальное исследование устойчивости приема** данных одним из **ДЦ** к воздействию **сосредоточенной помехи** в условиях **застройки**, характерных для города Омска. В **процессе испытаний осуществлялось** **сравнение среднего числа пакетов, принятых аппаратурой ДЦ из радиосети за одну минуту при на-**

личии и отсутствии помехи. В результате получены экспериментальные кривые, приведенные на рис. 7 и рис. 8.

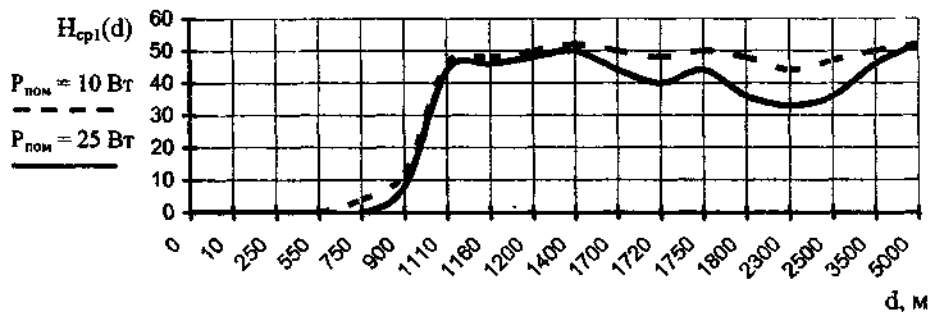


Рис. 7. Графики зависимостей среднего числа пакетов, принятых за одну минуту, от расстояния между ДЦ и источником помехи, частота которой совпадает с несущей радиосети, при двух значениях мощности мешающего излучения

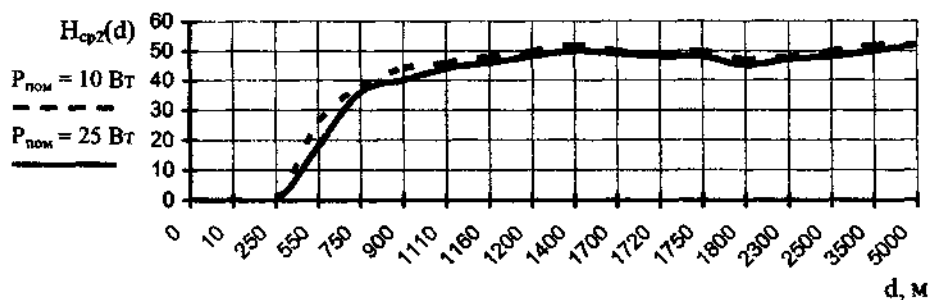


Рис. 8. Графики зависимостей среднего числа пакетов, принятых за одну минуту, от расстояния между ДЦ и источником помехи, частота которой отстроена от частоты несущей радиосети на половину ширины канала (12,5 кГц), при двух значениях мощности мешающего излучения.

Из анализа кривых сделан вывод о том, что только мощная близко расположенная по частоте сосредоточенная помеха, действующая на небольшом удалении от ДЦ, способна привести к невозможности приема им информационных сообщений из радиосети. Тем не менее, информация о местоположении ТС будет поступать на указанный ДЦ непосредственно с ТС через подсистему сбора данных, т. к. она работает в другом частотном диапазоне. В результате, работоспособность ДЦ не будет полностью нарушена.

СМПО, запущенные в эксплуатацию в г. Омске, не являются единственными. Предложенная архитектура стала прообразом при создании систем данного класса. В результате в 2002 году аналогичные системы были внедрены в структурах УВД городов Тюмень и Пермь.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В процессе теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в рамках данной работы, получены следующие основные результаты:

1. Проанализированы **запросно-ответные** технологии сбора данных с ТС; получены формулы для расчета времени обслуживания группы объектов; предложен новый беззапросный метод временной синхронизации доступа подвижных единиц к общему каналу связи; показано, что последний в полтора раза превосходит существующие технологии по быстродействию. Ускорение сбора данных достигнуто за счет исключения запросов и синхронизации объектов по сигналам спутниковой группировки **NAVSTAR**.

2. Исследована эффективность функционирования пакетных сетей и сетей Token Ring; разработан новый алгоритм обмена данными в цифровой радиосети, позволяющий в N раз снизить минимальное время доставки **информацион-**

ных сообщений от ТС всем узлам сети при заданной вероятности потери пакета, где N — число узлов сети. Полученный алгоритм отличается высокой устойчивостью к отказам отдельных узлов за счет реализации процедуры восстановления маркерного кольца по тайм-ауту.

3. Оптимизирована сетевая архитектура СМПО по критерию максимального быстродействия при заданной вероятности не доставки сообщения хотя бы одному узлу радиосети. Уменьшение времени доставки достигнуто за счет исключения передачи подтверждений о правильности приема пакета каждым узлом, а также введения сортировки поступающих данных.

4. Выполнена экспериментальная проверка основных характеристик спутниковых радиоприемных устройств системы GPS. Даны рекомендации по использованию аппаратуры определения местоположения в новых разработках.

5. Построена СМПО, позволяющая реализовать сбор данных с 360 ТС за одну минуту на одном рабочем канале. Особенностью системы является обеспечение радиопокрытия территории требуемой площади в условиях города с заданной вероятностью потери информационного сообщения.

6. Выполнено экспериментальное исследование устойчивости радиосети к воздействию преднамеренной сосредоточенной помехи в условиях **застройки**, характерной для г. Омска. Получены графики зависимостей среднего числа пакетов, принятых из радиосети за одну минуту, от расстояния между **ДЦ** и источником помехи, при двух значениях мощности и частоты мешающего излучения.

7. Результаты **исследований**, выполненных в рамках данной работы, легли в основу построения систем мониторинга ТС ОАО «**Омскгоргаз**», внедренной в 2000 г., Управления вневедомственной охраны при УВД Омской области, сданной в эксплуатацию в **2001** г. В 2002 году аналогичные СМПО запущены в эксплуатацию в городах Тюмень и Пермь.

ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1. Золотарев И. Д., Тимошенко Д. А. Временные характеристики колебательных систем, полученные приложением модифицированного обратного преобразования Лапласа // Омский научный вестник. - 1999. - Вып. 9. С.53-54.
2. Золотарев И. Д., Тимошенко Д. А. Исследование динамики переходных процессов в колебательном контуре при воздействии частотно- и **фазоманипулированных** сигналов // Матер. III **Междунар. научн.-практ.** конф. Динамика систем, механизмов и машин. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 1999. - С.97-98.
3. Золотарев И. Д., Тимошенко Д. А. Исследование информационных систем, использующих манипуляцию частоты и фазы для передачи данных // Матер. V **Междунар. научн.-технич.** конф. Актуальные проблемы электронного приборостроения **АПЭП 2000**. - Новосибирск: Изд-во **НГТУ**, 2000. С.132-136.
4. Золотарев И. Д., Тимошенко Д. А., Каракосов Я. И. Сравнительная характеристика помехоустойчивости алгоритмов демодуляции дискретных сигналов в системах телеметрии // Омский научный вестник. - 2002. - Вып. 20. С. 133-135.
5. Золотарев И. Д., Тимошенко Д. А., Писарев М. О. Потенциальная помехоустойчивость демодуляции частотно-манипулированных сигналов в телеметрических системах // Омский научный вестник. - 2002. - Вып. 20. - С.135-137.
6. Использование **манипулированных** сигналов для передачи данных о местоположении и состоянии транспортных средств / Тимошенко Д. А.; **ОмГУ**. - Омск., 2002. - 10 с.: ил. - **Библиогр.**: 3 назв. - Рус. - Деп. в ВИНТИ. № 1811 - В2002 от 23.10.02.
7. Медведовский В. А., Золотарев И. Д., Тимошенко Д. А. Использование спутниковых технологий для управления силами и средствами подразделений вневедомственной охраны // Достижения науки и техники — развитию **сибир-**

ских регионов (инновационный и инвестиционный потенциалы): Матер. III Всеросс. **научн.-практич.** конф. с междунар. участием. - Красноярск: Изд-во КГТУ, 2001. - Ч. 1. С.101-103.

8. Повышение скорости сбора данных в системах контроля и диспетчеризации подвижных объектов на базе спутниковых технологий **местоопределения** / Тимошенко Д. А.; ОмГУ. - Омск., 2002. - 7 с.: ил. - **Библиогр.:** 2 назв. - Рус. - Деп. в ВИНТИ. № 1812 - В2002 от 23.10.02.

9. Рязанов А. В., Золотарев И. Д., Тимошенко Д. А. Передача данных о местоположении подвижных объектов по каналам федеральной сети сотовой связи стандарта GSM 900 // Информационные технологии и радиосети **ИН-ФОРАДИО 2000**: Матер. II Междунар. **научн.-практ.** конф. - Омск: Изд-во ОмГУ, 2000. - С.50-53.

10. **Сухарев** С. В., Тимошенко Д. А. Исследование динамического режима сверхширокополосных фильтров модемных устройств // Достижения науки и техники — развитию сибирских регионов (инновационный и инвестиционный потенциалы): Матер. II Всеросс. **научн.-практ.** конф. с междунар. участием. - Красноярск: Изд-во КГТУ, 2000. - Ч. 3. С. 26-27.

11. **Тимошенко** Д. А. Повышение надежности сбора данных в системах контроля и диспетчеризации подвижных объектов на базе спутниковых технологий местоопределения // Омский научный вестник. - 2002. - Вып. 19. - С. 123-126.